

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Attorney Docket No. 249/392

In re patent application of

Tae-wan KIM, et al.

Group Art Unit: (Unassigned)

Serial No. (Unassigned)

Examiner: (Unassigned)

Filed: Concurrently

For: MAGNETIC TUNNEL JUNCTION DEVICE AND METHOD FOR FABRICATING
THE SAME

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA. 22313-1450

Sir:

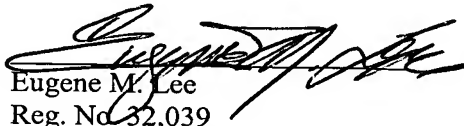
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Application No. 2002-71046, filed November 15, 2002.

Respectfully submitted,

November 17, 2003
Date


Eugene M. Lee
Reg. No. 32,039
Richard A. Sterba
Reg. No. 43,162

LEE & STERBA, P.C.
1101 Wilson Boulevard Suite 2000
Arlington, VA 20009
Telephone: (703) 525-0978



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0071046
Application Number PATENT-2002-0071046

출원 년 월 일 : 2002년 11월 15일
Date of Application NOV 15, 2002

출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

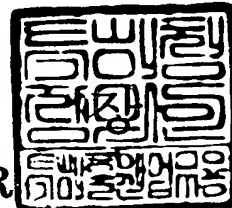
52



2002 년 12 월 02 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0014
【제출일자】	2002.11.15
【국제특허분류】	H01L
【발명의 명칭】	자기터널접합소자 및 그 제조방법
【발명의 영문명칭】	Magnetic tunnel junction device and Fabricating method thereof

【출원인】

【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3

【대리인】

【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-009556-9

【대리인】

【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2000-002816-9

【발명자】

【성명의 국문표기】	김태완
【성명의 영문표기】	KIM, Tae Wan
【주민등록번호】	620804-1046711
【우편번호】	431-737
【주소】	경기도 안양시 동안구 비산3동 비산삼호아파트 4동 808호
【국적】	KR

【발명자】

【성명의 국문표기】	조병기
【성명의 영문표기】	CHO, Byung Gi
【주민등록번호】	610210-1009747

【우편번호】	500-480
【주소】	광주광역시 북구 오룡동 1번지 KJIST 신소재 공학부
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	심희재
【성명의 영문표기】	SHIM,Hee Jae
【주민등록번호】	740721-1121513
【우편번호】	500-480
【주소】	광주광역시 북구 오룡동 1번지 KJIST 신소재공학부
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 이해영 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	9 면 9,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	21 항 781,000 원
【합계】	819,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

자기터널접합소자 및 그 제조방법이 개시된다. 개시된 자기터널접합소자는, 기판과, 기판 상에 순서대로 적층되는 고정층, 터널장벽층 및, 자유층을 구비하는 자기터널접합소자에 있어서, 고정층과 터널장벽층 사이에 질화계 금속으로 이루어진 자기저항 버퍼층이 개재되고, 자기터널접합소자가 전체적으로 열처리됨으로써 감소된 자기접합 저항을 가진다. 소정 두께의 자기저항버퍼층을 터널장벽층과 결합시킴으로써 균질도를 향상시키고 질소 플라즈마 처리와 열처리를 통해 고 MR비와 저 RA값을 가지는 고성능의 자기터널접합소자를 구현할 수 있다.

【대표도】

도 2

【명세서】

【발명의 명칭】

자기터널접합소자 및 그 제조방법 {Magnetic tunnel junction device and Fabricating method thereof}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 일반적인 자기터널접합소자에서 절연성의 터널장벽층으로 이용되는 Al_2O_3 층의 두께 변화에 따른 RA 값의 변화를 보인 그래프,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 자기저항접합소자의 단면도,

도 3a 내지 도 3e는 본 발명의 실시예에 따른 자기저항접합소자를 제조하는 방법의 공정도,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자의 일 구현예를 보인 SEM(Scanning Electron Microscopy) 사진,

도 5a 및 도 5b는 질소 플라즈마 처리전과 후의 자기접합의 MR비 및 RA비의 변화를 보인 그래프,

도 6a는 $V=0$ 에서의 MR값으로 기준화된 MR비의 전압에 따른 변화를 열처리 온도에 따라 나타낸 그래프,

도 6b는 MR비가 최고값의 반으로 떨어지는 점의 전압($V_{1/2MR}$)을 전압의 양쪽 두 극에 대해 나타낸 그래프,

도 7a는 기준 FeN 및 AlN의 속박에너지의 변화를 보이는 그래프,

도 7b는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/N₂처리/Al(1.32nm)의 구조를 가지는 자기터널접합소자를 질소 플라즈마에 노출시키는 시간의 변화에 따른 속박에너지의 변화를 보인 그래프,

도 8a는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/Fe/N₂처리/Al(1.32nm) 및 산화층/NiFe/Au 구조를 가지는 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자에서 질소 플라즈마에 대한 상이한 노출시간에 있어 열처리 온도의 변화에 따른 MR비의 변화를 나타내는 그래프,

도 8b는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/Fe/N₂처리/Al(1.32nm) 및 산화층/NiFe/Au 구조를 가지는 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자에서 질소 플라즈마에 대한 상이한 노출시간에 있어 열처리 온도의 변화에 따른 RA값의 변화를 나타내는 그래프,

도 9는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/Fe 구조를 질소 플라즈마 처리 전과 30초동안 질소 플라즈마에 노출시킨 후의 속박에너지의 변화를 보인 그래프.

<도면의 주요부분에 대한 부호설명>

11 ; 기판

12 ; 시드층

13 ; 피닝층

15 ; 핀드층

17 ; 자기저항 장벽층

19 ; 터널장벽층

21 ; 자유층

23 ; 캡핑층

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<18> 본 발명은 자기터널접합소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 접합저항을 감소시킨 자기터널접합소자 제조방법에 관한 것이다.

<19> 자기터널접합은 강자성/절연성/강자성의 접합에서 강자성체의 상대적인 자화방향에 따라 터널링 전류가 달라지는 구조를 의미한다. 상기 자기터널접합은 비휘발성 자기메모리소자, 고집적 자기저장매체의 리드헤드 등에 응용되고 있으며 최근 전하가 아닌 스핀에 의존하는 현상으로 인해 과학적 관심을 불러일으키고 있다.

<20> 고성능 고집적 자기 메모리 소자를 구현하기 위해서는 높은 자기저항(MR; magnetic resistance)비와 낮은 접합 저항을 가지는 자기터널접합이 요구된다. 특히 접합의 저항과 면적의 곱인 RA 값은 메모리 소자에 있어 신호 대 잡음비(S/N; signal to ratio)와 RC(Resistance Capacitor)시간 상수를 결정하는 중요한 변수이다.

<21> 도 1은 일반적인 자기터널접합소자에서 절연성의 터널장벽층으로 이용되는 Al_2O_3 층의 두께 변화에 따른 RA 값의 변화를 보인 그래프이다.

<22> 도 1을 참조하면, Al_2O_3 층의 두께가 3Å 정도 변하는 경우, RA 값은 $10^3 \Omega \mu m^2$ 에서 $10^4 \Omega \mu m^2$ 으로 1 order의 급격한 증가를 보인다. 일반적으로 자기 메모리 소자에 있어 RA 값은 $10k\Omega \mu m^2$ 이하이고 리드헤드의 용융에 있어서는 $10\Omega \mu m^2$ 이하의 값을 가지는 것이 바람직하다. RA값은 터널장벽층의 종류와 두께에 의존하므로, 종래 자기터널접합소자의 제조방법에서는 높은 MR비를 나타내는 Al_2O_3 층을 터널장벽층으로 이용하고 상기 Al_2O_3 층을 1nm 이하로 얇고 균일하게 제조하고자 노력하였다. 하지만, 터널장벽층은 두께가 얇아질수록 균질도가 떨어지게 되며, 결국 전체 자기터널접합소자의 성능을 악화시키게 된다.

<23> 이러한 방법 이외에 RA 값을 수십 또는 수 $\Omega \mu m^2$ 으로 낮추기 위해 많은 연구가 행하여지고 있으나 낮은 RA값을 가지는 접합은 최적화된 높은 MR 비를 유지할 수 없으며

로, 양호한 균질도를 가지기 위해 소정의 두께를 가지는 터널장벽층을 가지는 자기터널 접합소자를 개발함과 동시에 상기 자기터널접합소자를 고 MR비와 낮은 RA 값을 가지도록 제조하는 새로운 방법이 요구된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<24> 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로, 자기터널 접합저항을 효과적으로 감소시키고 양호한 균질도를 가지는 자기터널접합소자 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<25> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은,

<26> 기판과, 기판 상에 순서대로 적층되는 고정층, 터널장벽층 및, 자유층을 구비하는 자기터널접합소자에 있어서,

<27> 상기 고정층과 상기 터널장벽층 사이에 질화계 금속으로 이루어진 자기저항 버퍼층이 개재되고, 상기 자기터널접합소자가 전체적으로 열처리됨으로써 감소된 자기접합저항을 가지는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자를 제공한다.

<28> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은 또한,

<29> 기판 상에 고정층을 증착한 다음, 상기 고정층의 표면을 질소 플라즈마 처리하는 제1단계;

<30> 상기 고정층 상에 터널장벽층, 자유층 및, 캡핑층을 순서대로 증착하고 열처리하여 자기저항을 감소시킨 자기터널접합소자를 제조하는 제2단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자의 제조방법을 제공한다.

- <31> 상기 고정층, 터널장벽층, 자유층 및, 캡핑층은 스퍼터링법으로 증착된다.
- <32> 상기 제1단계에서, 상기 질소 플라즈마 처리는 소정 압력의 질소 분위기에 직류전력을 인가하여 생성된 질소 플라즈마를 고정층에 접촉시킨다.
- <33> 상기 제2단계에서, 상기 열처리는 150℃ 내지 300℃의 온도로 적어도 1회 가열하고 서냉한다.
- <34> 상기 제2단계에서, 상기 열처리하는 동안 자기장을 인가한다.
- <35> 상기 터널장벽층은 열처리되면서 질소가 결합한다.
- <36> 상기 고정층은 상기 기판 상에 시드층, 피닝층 및, 핀드층이 순서대로 증착되어 이루어진다.
- <37> 여기서, 상기 시드층은 NiFe, Ru 및 Ir 중 어느 하나로 이루어지는 강자성층이고, 상기 피닝층은 FeMn 및 IrMn 중 어느 하나로 이루어지는 반강자성층이며, 상기 피드층은 NiFe 및 CoFe 중 어느 하나로 이루어지는 강자성층이다.
- <38> 상기 자기저항 버퍼층은 FeN을 포함하는 질화금속층이고, 상기 터널장벽층은 AlO_x 를 포함하는 절연층이다.
- <39> 본 발명은 고정층의 상면을 질소 플라즈마로 처리하고 그 상부에 터널장벽층을 증착하여 열처리하는 공정을 통해 자기접합저항을 현저히 감소시키는 자기터널접합소자 및 그 제조방법을 제공한다.
- <40> 이하 본 발명의 실시예에 따른 자기저항접합소자 및 그 제조방법을 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- <41> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 자기저항접합소자의 단면도이다.

- <42> 참조부호 11은 기판, 12는 시드층(seed layer), 13은 피닝층(pinning layer), 15는 핀드층(pinned layer), 17은 자기저항버퍼층, 19는 터널장벽층(tunnel barrier), 21은 자유층(free layer) 및, 23은 캡핑층(capping layer)을 나타내며, 상기 층들은 순서대로 적층되어 MTJ(Magnetirc tunnel junction) 구조를 이루고 있다.
- <43> 시드층(12)은 NiFe, Ru 또는, Ir 등으로 형성하고, 피닝층(13)은 FeMn, IrMn 등의 반강자성층으로 형성하며, 핀드층(15)은 NiFe, CoFe 등의 고정 강자성층으로 형성한다.
- <44> 본 발명의 실시예에 따른 자기저항접합소자는 종래의 MTJ구조와 달리 핀드층(15)과 터널장벽층(19)사이에 자기저항버퍼층(17)을 더 구비하는 것을 특징으로 한다. 자기저항 버퍼층(17)은 핀드층(15)의 상면에 질소 플라즈마 처리되어 형성되는 FeN과 같은 질화물로 이루어진다.
- <45> 자기저항버퍼층(17)의 상면에는 터널장벽층(19)이 위치하는데, 터널장벽층(19)은 AlO_x 또는 AlN_xO_x 로 이루어진다. 터널장벽층(19)의 상면에는 NiFe 등의 강자성층으로 이루어지는 자유층(21)이 위치하고 그 상면에는 Ru등으로 형성되는 캡핑층(23)이 적층된다.
- <46> 도 3a 내지 도 3e는 본 발명의 실시예에 따른 자기저항접합소자를 제조하는 방법의 공정도이다.
- <47> 먼저, 도 3a에 도시된 바와 같이, 기판(11)을 마련한 다음, 그 상면에 시드층(12), 피닝층(13) 및, 핀드층(15)을 마그네트론 스퍼터링 시스템을 이용하여 순서대로 증착한다. 이 때 각 층은 수 내지 수십 nm 의 두께를 가지도록 증착한다.

<48> 다음, 핀드층(15)의 표면에 질소 플라즈마 처리를 행하여 도 3c에 도시된 바와 같이 그 표면에 자기저항버퍼층(17)을 형성한다. 자기저항버퍼층(17)이 형성되면, 그 상면에 다시 스퍼터링 기술을 이용하여 순서대로 터널장벽층(19a), 자유층(21) 및, 캡핑층(23)을 증착하고 열원을 연결하여 열처리를 실행한다. 열처리를 시행하는 동안 소정 크기의 자기장을 인가하고, 열처리는 150~300℃ 범위 내의 상이한 온도로 가열하고 서서히 냉각시키는 과정을 반복하여 실행한다. 자기터널접합소자를 소정 온도로 일정 시간 가열하면, 터널장벽층(19a)에 질소가 침투하여 결합함으로써 터널장벽층(19a)의 원소가 변화하여 상이한 원자구조의 터널장벽층(19)으로 변화한다. 도 3e는 완성된 자기터널접합소자의 구조를 보인 도면이다. 도 3e에 도시된 자기터널접합소자의 구조는 도 2에 도시된 자기터널접합소자와 동일한 구조이며 각 참조부호는 동일층을 나타내고 있다.

<49> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자의 일 구현예를 보인 SEM(Scanning Electron Microscopy) 사진이다:

<50> 도 4를 참조하면, 기판(substrate)상에 Ru로 이루어지는 시드층(19nm), IrMn으로 형성된 피닝층(17nm), CoFe로 이루어지는 핀드층(5nm)이 순서대로 증착되고, 그 상면에 질소 플라즈마 처리를 하여 형성된 자기저항버퍼층, 그 상면에 AlOx로 이루어지는 터널장벽층이 위치한다. 도면에서 자기저항버퍼층과 터널장벽층은 AlOx+N 으로 함께 도시되어 있다. 터널장벽층의 상면에는 다시 NiFe로 이루어지는 자유층(25nm)이 증착되고 다시 그 상면에 Ru로 이루어지는 캡핑층(18nm)이 증착되고 230℃에서 어닐링하여 자기저항버퍼층의 질소성분이 터널장벽층의 구조에 결합되도록 하여 자기저항을 낮춘 고성능의 자기저항접합소자를 제조한다.

- <51> 도 5a 및 도 5b는 질소 플라즈마 처리 전과 후의 자기접합의 MR비 및 RA비의 변화를 보인 그래프이다.
- <52> 실험을 위해 먼저 Si/SiO₂(200nm)의 기판 상에 8×10^{-8} Torr 이하의 진공도를 가지는 dc 또는 rf 마그네트론 스퍼터링 시스템을 이용하여 시드층인 Ta(10nm)층, 피닝층인 NiFe층(14nm), 핀드층인 FeMn층(10nm) 및, 버퍼층인 NiFe층(6nm)을 순서대로 증착한다. 증착이 끝나면, 3.5W의 직류전력을 사용하여 100mTorr의 압력으로 N₂ 분위기에서 진공법 춤없이 질소 플라즈마 처리를 실행한다.
- <53> 다음, Al층(1.58nm), NiFe층(20nm) 및, Au층(20nm)을 다시 스퍼터링 기술로 증착하고 열처리를 실행한다. 열처리는 5×10^{-6} Torr의 진공에서 수행하고 열처리 동안 접합의 자화용이 축에 평행하게 150 Oe의 자기장을 인가한다. 열처리는 180℃, 230℃, 270℃의 온도로 각각 30분 동안 가열하고, 천천히 냉각시키는 세 단계로 수행된다.
- <54> 이렇게 형성된 자기터널접합소자는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/Al₂O₃/NiFe/Au의 구조로 이루어진다. 접합의 모든 특성은 상온에서 직류 4단자법을 이용하여 측정한다.
- <55> 도 5a는 질소 처리되지 않은 접합(f1)과 질소 처리된 접합(g1)의 열처리 온도의 변화에 대한 MR비의 변화를 보인다.
- <56> MR비는 수학적 식 1과 같이 정의되는데, 여기서 R_{ap} 는 핀드층과 자유층 간의 자기조합이 반평행일 때의 저항을 나타내고, R_p 는 평행일 때의 저항을 나타낸다. MR 비가 높을수록 핀드층과 자유층의 스핀의 방향을 판별하기가 용이하므로 자기터널접합소자의 비트에 기록된 정보를 고속으로 재생할 수 있다.

<57>

【수학적 식 1】
$$MR비 = \frac{R_{ap} - R_p}{R_p}$$

<58> 열처리 전(열처리 온도=0℃)의 질소 처리된 접합(g1)은 10초의 단시간 동안 질소 플라즈마 처리를 하였음에도 불구하고 질소 처리되지 않은 접합(f1)의 MR비 14%에 비해 매우 낮은 MR비 6.6%를 보인다. 이러한 MR비의 저하는 질소 플라즈마에 의해 NiFe 층의 표면에 FeN 또는 NiNy 와 같은 상이한 상들이 생성되어 Al₂O₃ 층과 NiFe층의 계면에 상 태밀도가 변화되었기 때문으로 추측된다.

<59> 열처리 온도가 230℃로 증가함에 따라 질소처리되지 않은 접합(f1)의 MR비는 14%에서 17.5%까지 증가하고 보다 높은 열처리 온도에서는 감소하는 것을 볼 수 있다. 비록 질소처리된 접합(g1)의 MR비 또한 열처리 온도에 따라 유사한 변화를 보이지만 변화의 크기는 질소처리되지 않은 접합(f1)에 비해 매우 크다. 230℃에서 열처리하는 경우 질소 처리된 접합(g1)의 MR비는 질소처리되지 않은 접합(f1)의 MR비보다 높은 18.7% 이다. 이러한 질소 처리된 접합(g1)에서의 열처리에 의한 MR비의 급격한 회복은 산소의 재분포에 의한 균일한 Al₂O₃의 형성과 더불어 주로 터널장벽층과 핀드층의 계면에서 핀드층에 영향을 주는 질소 분포의 변화로 인한 계면특성의 회복을 의미한다.

<60> 도 5b는 질소처리되지 않은 접합(f2)과 질소처리된 접합(g2)의 기준화된 RA 값의 열처리 온도에 따른 변화를 보인다. 기준화는 열처리 전(T_g=0℃)의 RA 값으로 하고, 삽입된 그래프는 기준화 전의 RA의 절대값을 나타낸다. f3는 질소처리되지 않은 접합의 RA 절대값, g3는 질소처리된 접합의 RA 절대값을 나타낸다. RA 값은 자유층과 고정층간의 자기조합이 평행할 때를 기준으로 하였다.

<61> 삽입된 그래프를 참조하면, 질소처리되지 않은 접합(f3)의 열처리 전의 RA값은 390kΩ μm²이고, 열처리 온도를 증가시킴에 따라 증가하여 최고의 MR비를 나타내는 열처리 온도, 즉 230℃에서는 418kΩ μm² 을 보이고 있다. 보다 높은 열처리 온도에서 RA 값

은 감소하는데 이와 같은 변화는 도 5a에서 f1의 변화와 유사하다. 질소처리되지 않은 접합(f3)의 RA 값은, 230℃까지의 열처리 온도를 증가시키면 Al_2O_3 터널장벽층 내에 산소의 분포가 균일해지므로 이로 인해 MR비의 증가와 함께 RA 값이 증가하게 되며, 보다 높은 열처리 온도에서는 금속 불순물이 터널장벽층 내로 확산함에 따라 MR과 RA 값에 떨어지게 되는 것으로 해석할 수 있다.

<62> 질소처리된 접합(g3)은 열처리 전의 RA 값이 $100\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 으로 질소처리되지 않은 접합(f3)의 $390\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 보다 작은 값을 가진다. 열처리 온도가 180℃까지 증가할 때까지 질소처리된 접합(g3)의 RA값은 약간 증가하다가 230℃에서는 $78\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 으로 열처리 전의 RA 값 $100\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 보다 더 떨어진다.

<63> 이러한 현상은 질소 플라즈마 처리에 의해 주로 NiFe층과 Al_2O_3 층 사이에 분포하고 있던 질소가 열처리를 통해 재분포하기 때문으로 설명할 수 있다. 열처리 전 질소처리된 접합(g3)의 RA값이 낮을 것으로 볼 때, 질소 플라즈마 처리에 의해 NiFe층의 표면에 접촉하는 질소는 Al층이 증착될 때 부분적으로 AlN의 형성에 기여하는 것으로 생각된다. 또한, 230℃의 열처리를 실행함에 따라 보다 많은 질소들이 Al_2O_3 층으로 유입되어 높은 MR비와 낮은 RA 값을 형성하는 최적화된 질소의 분포를 이루는 것으로 생각된다. 이러한 가설들은 AlN(-76kcal/mol)의 형성에 필요한 엔탈피가 NiFe 표면에 형성될 수 있는 FeN_4 (-2.5kcal/mol) 또는 Ni_3N (0.2kcal/mol)과 같은 전이 금속의 질화물의 엔탈피보다 낮은 열역학적 결과로 볼 때 타당성을 가진다.

<64> 도 6a는 $V=0$ 에서의 MR값으로 기준화된 MR비의 전압에 따른 변화를 열처리 온도에 따라 나타낸 그래프이며, 도 6b는 MR비가 최고값의 반으로 떨어지는 점의 전압($V_{1/2\text{MR}}$)을 전압의 양쪽 두 극에 대해 나타낸 그래프이다.

<65> 도 6a를 참조하면, 열처리 전 자기터널접합소자의 MR비(0°C)의 전압에 따른 MR비와 비교할 때 질소처리된 접합(180°C , 230°C , 280°C)은 양쪽 두 극의 전압에 대해 크게 비대칭적으로 MR비가 전압에 의존하는 현상을 보이고 있다. 핀드층의 질소처리는 MR비뿐만 아니라 MR비의 전압에 따른 특성도 악화시킨다.

<66> 도 6b를 참조하면, f4는 도 6a의 양전압에서 열처리 온도에 따른 $V_{1/2\text{MR}}$ 을 나타내고, g4는 도 6b의 음전압에서 열처리 온도에 따른 $V_{1/2\text{MR}}$ 을 나타낸다. 180°C 에서 열처리를 하면, 음전압(g4)보다 양전압(f4)에서 $V_{1/2\text{MR}}$ 이 약간 높은 값을 가지는 것을 볼 수 있어 열처리 전(0°C)의 전압과는 다른 비대칭적인 변화의 반전이 일어난다. 230°C 에서 열처리를 하면, 양전압(f4)에서의 $V_{1/2\text{MR}}$ 값이 음전압(g4)에서의 $V_{1/2\text{MR}}$ 값의 증가에 비해 훨씬 큰 폭으로 증가하게 되어 양극 전압에서의 $V_{1/2\text{MR}}$ 값의 차이가 143mV에 이른다. 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자에서는 질소 처리로 인해 보다 낮은 양전압의 $V_{1/2\text{MR}}$ 값이 열처리로 인해 급격히 증가한다. 이러한 결과는 질소 플라즈마에 의해 표면처리된 NiFe층에서 질소가 열처리로 인해 Al_2O_3 터널장벽층으로 이동한다는 가설과 연관성을 가지는 결과이다.

<67> 도 7a는 기준 FeN 및 AlN의 속박에너지의 변화를 보이는 그래프이고, 도 7b는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/ N_2 처리/Al(1.32nm)의 구조를 가지는 자기터널접합소자를 질소 플라즈마에 노출시키는 시간의 변화에 따른 속박에너지의 변화를 보인 그래프이다.

<68> 도 7a를 참조하면, FeN은 396eV 정도에서 피크를 나타내며 AlN은 398eV 정도에서 피크를 나타낸다. 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자를 제조하는 과정에서 질소 플라즈마에 노출시키지 않은 경우, 10초 노출시킨 경우, 30초 노출시킨 경우, 60초 노출시킨 경우가 도 7b에 각각 나타나 있는데, 노출시간이 증가할수록 FeN의 속박에너지의

피크치 396eV 정도에서 작은 피크가 점점 뚜렷하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 즉, 상기 구조의 자기터널접합소자를 질소 플라즈마 처리하는 시간을 증가시키는 경우 자기저항 버퍼층인 FeN층이 생성되는 것을 알 수 있다.

<69> 도 8a 및 8b는 각각 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/Fe/N₂처리/Al(1.32nm) 및 산화층/NiFe/Au 구조를 가지는 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자에서 질소 플라즈마에 대한 상이한 노출시간에 있어 열처리 온도의 변화에 따른 MR비 및 RA값의 변화를 나타내는 그래프이다.

<70> 도 8a를 참조하면, 열처리 전(0℃)에는 질소 플라즈마에 노출된 시간(t_{ex})이 0초인 경우 MR비가 10%정도이며, 10초인 경우 3%정도이다가, 180℃로 열처리하면 질소 플라즈마에 노출된 시간(t_{ex})이 0초인 경우 MR비가 14~16%로 높아지고 10초인 경우 12~13%정도로 높아지며, 30초인 경우 11%정도이고 60초인 경우 10%정도로 증가한다. 230℃로 열처리하면 질소 플라즈마에 노출된 시간(t_{ex})이 60초, 30초, 10초, 0초인 경우 순서대로 13~17%대의 MR비를 나타내는 것을 볼 수 있다. 하지만, 열처리 온도가 250℃를 넘는 경우 질소 플라즈마에 노출되는 시간에 상관없이 모두 MR비의 특성이 악화되는 것을 알 수 있다.

<71> 여기서, 특히 질소 플라즈마에 노출된 시간(t_{ex})이 60초인 경우 열처리 전(0℃)에는 MR비가 0에 가까운 값을 나타내다가 180℃로 열처리하면 MR비가 10%정도로 큰 폭으로 증가하는 것을 볼 수 있으며 다시 230℃로 열처리하는 경우 MR비는 14%이상으로 증가하는 것을 볼 수 있어서, 질소 플라즈마에 노출된 접합은 MR비 특성이 악화되지만 열처리를 하면 오히려 MR비 특성이 향상되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 특성의 변화는 t_{ex} 가 10초, 30초인 경우에도 유사하게 나타난다.

- <72> 도 8b를 참조하면, 열처리 전(0°C)과 180°C 로 열처리하는 경우 RA값의 변화는 MR비의 변화와 비슷하게 나타나지만, 230°C 로 열처리하는 경우 180°C 로 열처리하는 경우보다 RA값이 감소되는 것을 볼 수 있다. 250°C 보다 높은 온도로 열처리하는 경우 RA값은 조금 더 떨어지는 것을 볼 수 있다. 여기서, 질소 플라즈마에 노출된 시간(t_{ex})이 60초인 경우 열처리 전(0°C)의 RA값은 $20\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 이었다가 180°C 로 열처리하면 RA값은 $40\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 로 증가하였다가 230°C 로 열처리하면 $30\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 으로 감소하고 다시 250°C 이상으로 가열하면 $20\text{k}\Omega\ \mu\text{m}^2$ 으로 감소한다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자는 질소 플라즈마에 노출되는 경우 RA 특성이 악화되지만, 열처리를 행하면 RA특성이 오히려 향상되는 것을 알 수 있다.
- <73> 도 9는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/Fe 자기터널접합구조를 질소 플라즈마 처리 전과 30초동안 질소 플라즈마에 노출시킨 후의 속박에너지의 변화를 보인 그래프이다.
- <74> 질소 플라즈마에 30초 동안 노출시키는 경우 질소 플라즈마에 노출시키기 전에는 나타나지 않던 피크가 395~398eV에서 나타나는 것을 볼 수 있어서 질소 플라즈마에 노출 후 AlN 및/또는 FeN이 생성된 것을 알 수 있다. 따라서, 질소 플라즈마 처리를 한 다음 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/FeN/AlOx(1.32nm)/NiFe/Au 또는 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/FeN/AlN/AlOx(1.32nm)/NiFe/Au의 구조를 가지는 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자가 생성되는 것을 알 수 있다.
- <75> 본 발명의 실시예에 따른 자기터널접합소자 제조방법은 핀드층을 증착한 다음 질소 플라즈마 처리를 하여 자기저항버퍼층을 그 표면에 형성시킨 다음 터널장벽층, 자유층 및 캡핑층을 증착하고 열처리를 행하여 높은 MR비와 낮은 RA값을 가지는 고성능의 자기터널접합소자를 생성할 수 있다. 또한 자기저항 버퍼층을 더 형성하여 터널장벽층과 결

합시킴으로써 막의 균질도가 향상된 자기터널접합소자를 생성할 수 있어서 정보의 기록 및 재생시 센싱 에러를 감소시킬 수 있다.

<76> 상기한 설명에서 많은 사항이 구체적으로 기재되어 있으나, 그들은 발명의 범위를 한정하는 것이라기보다, 바람직한 실시예의 예시로서 해석되어야 한다.

<77> 예를 들어 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상에 의해 핀드층과 터널장벽층 사이에 상이한 금속층을 형성하고 질소 플라즈마 처리하고 열처리하여 자기저항 버퍼층을 형성할 수 있을 것이다. 때문에 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 의하여 정하여 질 것이 아니고 특허 청구범위에 기재된 기술적 사상에 의해 정하여져야 한다.

【발명의 효과】

<78> 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 자기터널접합소자 및 그 제조방법의 장점은, 핀드층과 터널장벽층 사이에 자기저항 버퍼층을 구비함으로써 고 MR비와 저 RA값을 가지는 고 균질도의 고성능 소자를 구현할 수 있다는 것이다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

기판과, 기판 상에 순서대로 적층되는 고정층, 터널장벽층 및, 자유층을 구비하는 자기터널접합소자에 있어서,

상기 고정층과 상기 터널장벽층 사이에 질화계 금속으로 이루어진 자기저항 버퍼층이 개재되고, 상기 자기터널접합소자가 전체적으로 열처리됨으로써 감소된 자기접합저항을 가지는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 터널장벽층은 열처리되면서 질소가 결합되는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 고정층은 상기 기판 상에 시드층, 피닝층 및, 핀드층이 순서대로 증착되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서,

상기 시드층은 NiFe, Ru 및 Ir 중 어느 하나로 이루어지는 강자성층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 5】

제 3 항에 있어서,

상기 피닝층은 FeMn 및 IrMn 중 어느 하나로 이루어지는 반강자성층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 6】

제 3 항에 있어서,

상기 피드층은 NiFe 및 CoFe 중 어느 하나로 이루어지는 강자성층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 7】

제 1 항에 있어서,

상기 자기저항 버퍼층은 FeN을 포함하는 질화금속층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서,

상기 터널장벽층은 AlO_x 를 포함하는 절연층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서,

상기 열처리하는 150 내지 300℃의 온도로 가열한 다음 서냉시키는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자.

【청구항 10】

기판 상에 고정층을 증착한 다음, 상기 고정층의 표면을 질소 플라즈마 처리하는 제1단계;

상기 고정층 상에 터널장벽층, 자유층 및, 캡핑층을 순서대로 증착하고 열처리하여 자기저항을 감소시킨 자기터널접합소자를 제조하는 제2단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자의 제조방법.

【청구항 11】

제 10 항에 있어서,

상기 고정층, 터널장벽층, 자유층 및, 캡핑층은 스퍼터링법으로 증착되는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자의 제조방법.

【청구항 12】

제 10 항에 있어서, 상기 제1단계에서,

상기 질소 플라즈마 처리는 소정 압력의 질소 분위기에 직류전력을 인가하여 생성된 질소 플라즈마를 고정층에 접촉시키는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자의 제조방법.

【청구항 13】

제 10 항에 있어서, 상기 제2단계에서,

상기 열처리는 150℃ 내지 300℃의 온도로 적어도 1회 가열하고 서냉하는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자의 제조방법.

【청구항 14】

제 10 항에 있어서, 상기 제2단계에서,

상기 열처리하는 동안 자기장을 인가하는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자의 제조방법.

【청구항 15】

제 10 항에 있어서,

상기 터널장벽층은 열처리되면서 질소가 결합하는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자 제조방법.

【청구항 16】

제 10 항에 있어서,

상기 고정층은 상기 기판 상에 시드층, 피닝층 및, 펀드층이 순서대로 증착되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자 제조방법.

【청구항 17】

제 16 항에 있어서,

상기 시드층은 NiFe, Ru 및 Ir 중 어느 하나로 이루어지는 강자성층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자 제조방법.

【청구항 18】

제 16 항에 있어서,

상기 피닝층은 FeMn 및 IrMn 중 어느 하나로 이루어지는 반강자성층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자 제조방법.

【청구항 19】

제 16 항에 있어서,

상기 피드층은 NiFe 및 CoFe 중 어느 하나로 이루어지는 강자성층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자 제조방법.

【청구항 20】

제 10 항에 있어서,

상기 자기저항 버퍼층은 FeN을 포함하는 질화금속층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자 제조방법.

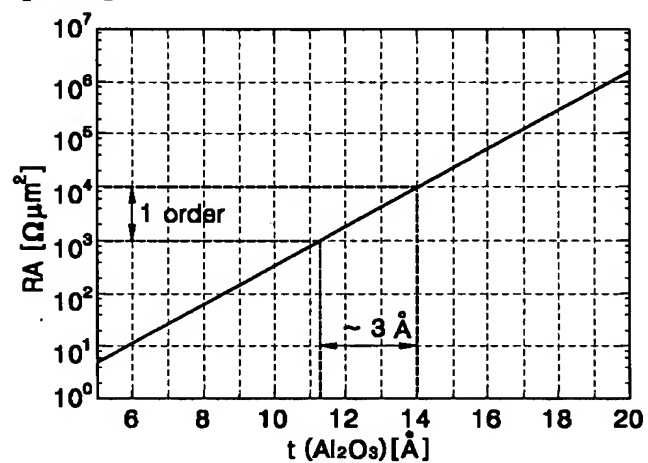
【청구항 21】

제 10 항에 있어서,

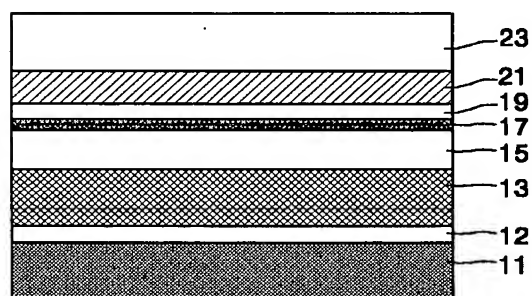
상기 터널장벽층은 AlO_x 를 포함하는 절연층인 것을 특징으로 하는 자기터널접합소자 제조방법.

【도면】

【도 1】



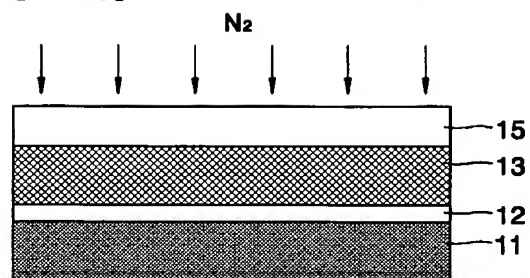
【도 2】



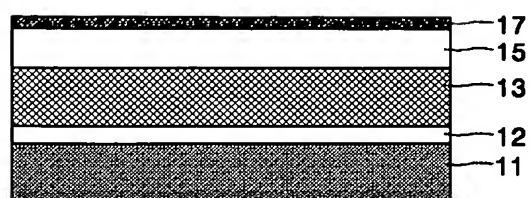
【도 3a】



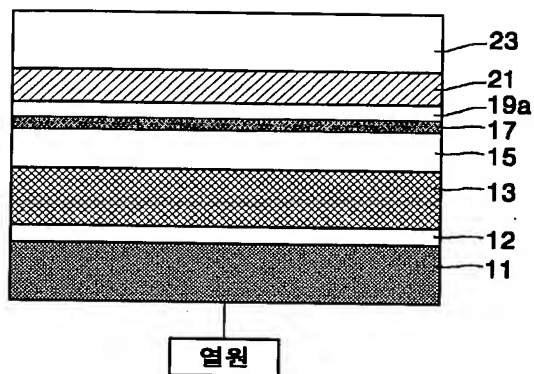
【도 3b】



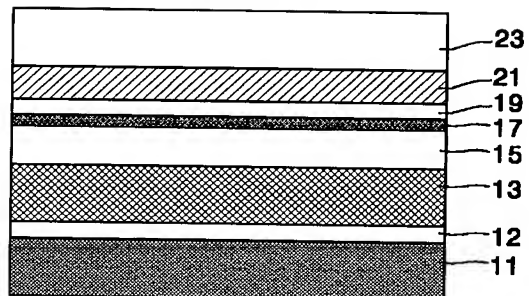
【도 3c】



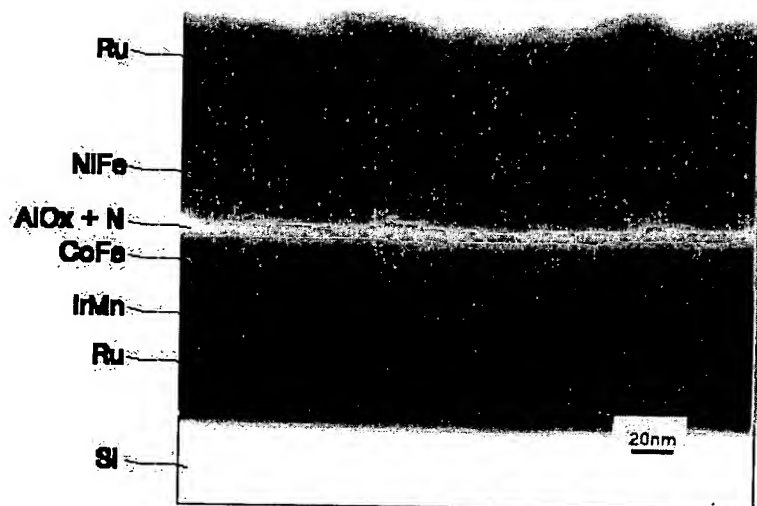
【도 3d】



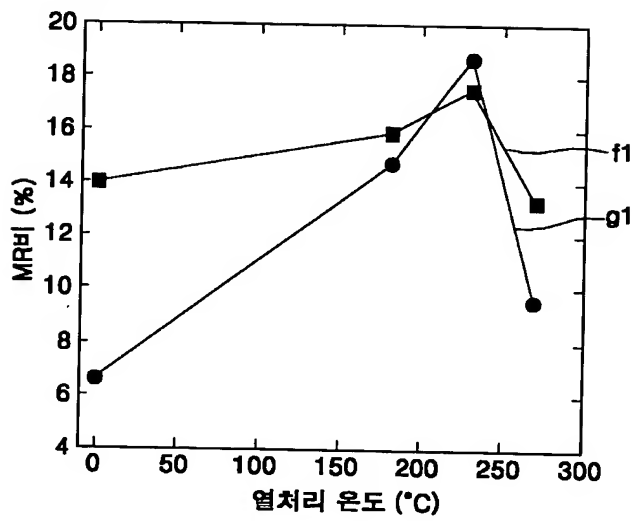
【도 3e】



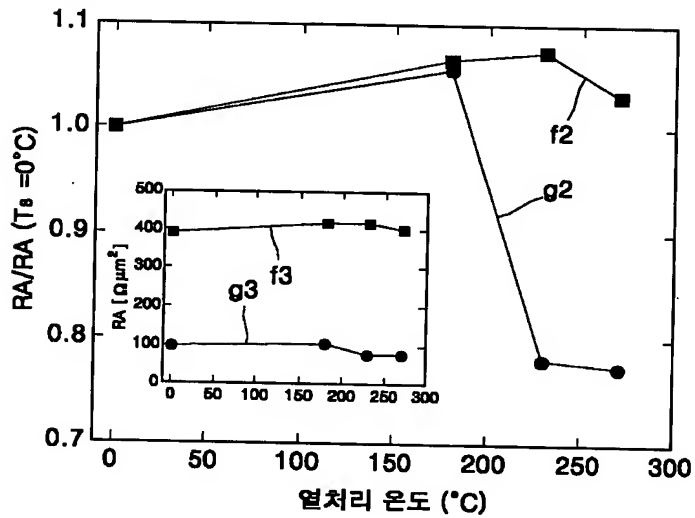
【도 4】



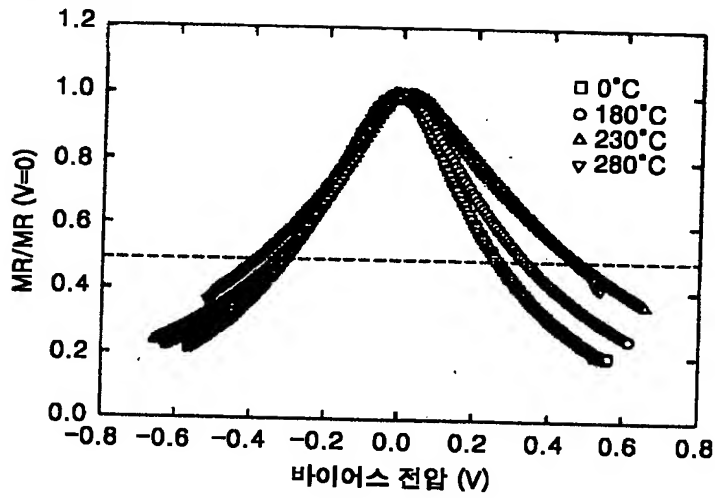
【도 5a】



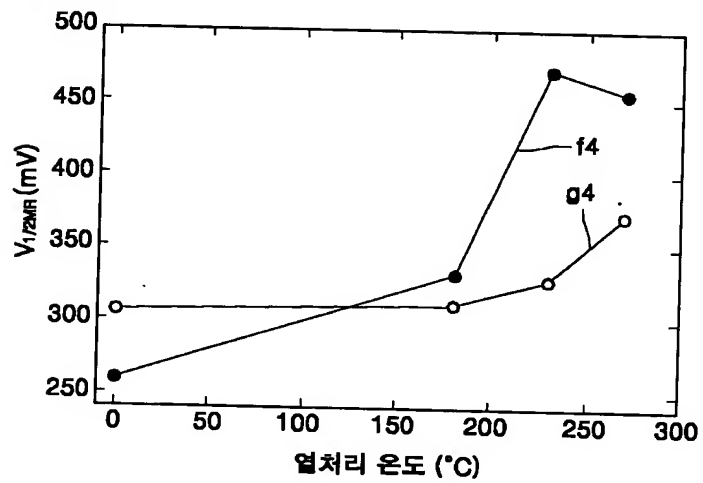
【도 5b】



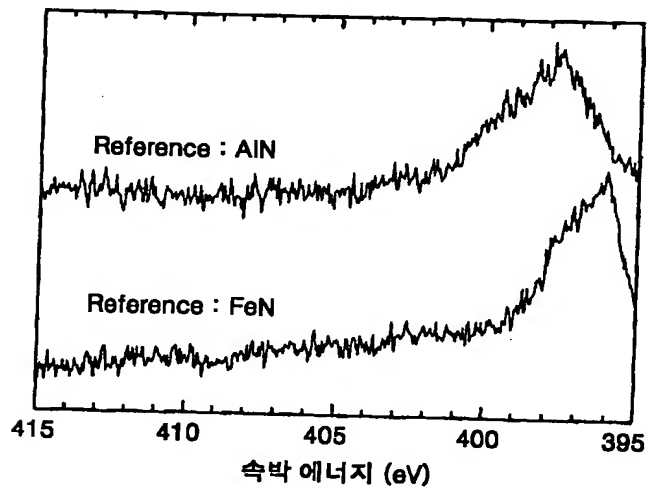
【도 6a】



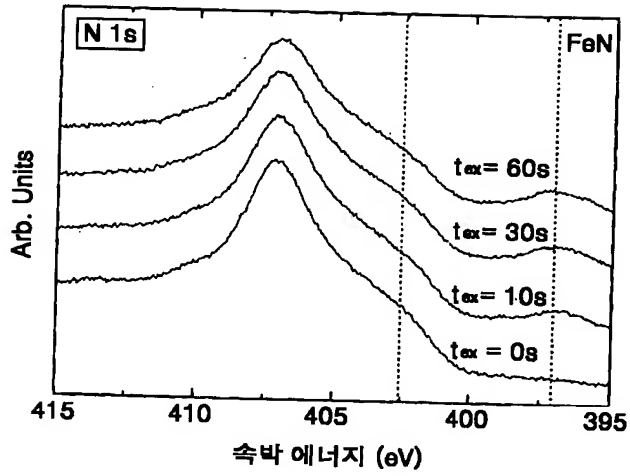
【도 6b】



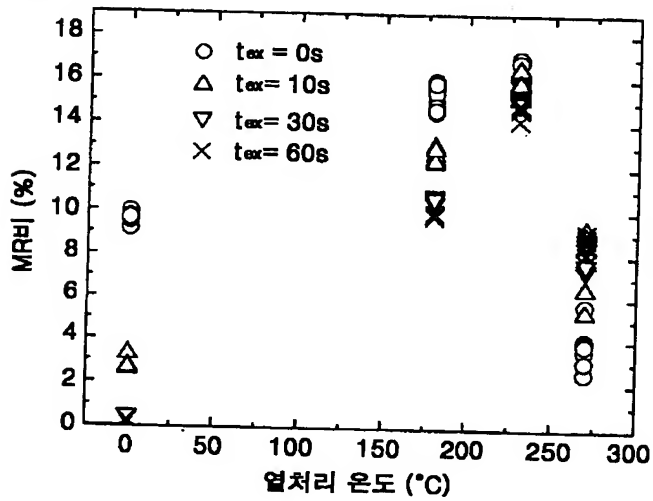
【도 7a】



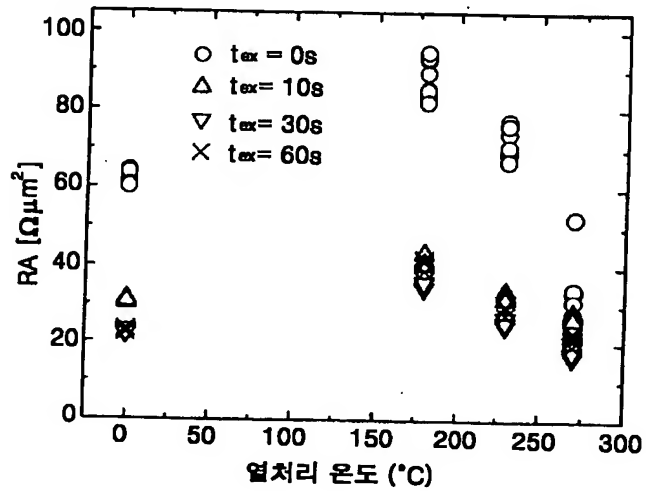
【도 7b】



【도 8a】



【도 8b】



【도 9】

